

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-225358

(43)Date of publication of application : 14.08.1992

(51)Int.Cl.

G03F 7/20
H01L 21/027

(21)Application number : 02-408094

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 27.12.1990

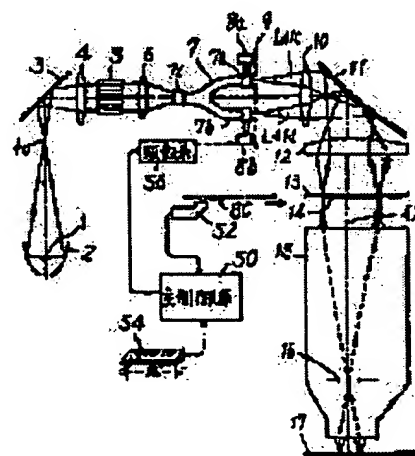
(72)Inventor : SHIRAISHI NAOMASA

(54) PROJECTION TYPE EXPOSURE DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To enhance resolution and depth of focus at the time of projecting and exposing a circuit pattern, etc.

CONSTITUTION: An illuminating luminous flux from a light source 1 is split by an optical fiber 7, and the outgoing ends 7a and 7b of the optical fiber are arranged on a position decentering from an optical axis AX on a plane corresponding to the Fourier transform of a reticle pattern 14 by movable members 8a and 8b. And a reticle 13 is irradiated with the luminous flux emitted from the outgoing ends 7a and 7b through condenser lenses 10 and 12, and the image of the reticle pattern 14 is formed and projected on a wafer(photosensitive substrate) 17 by a projecting optical system 15. High resolution and the great depth of focus can be attained, and also the outgoing part can be moved in accordance with the reticle pattern.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-225358

(43) 公開日 平成4年(1992)8月14日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 7/20		7818-2H		
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/30	3 1 1 L

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平2-408094
(22) 出願日 平成2年(1990)12月27日

(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72) 発明者 白石 直正
東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式
会社ニコン大井製作所内

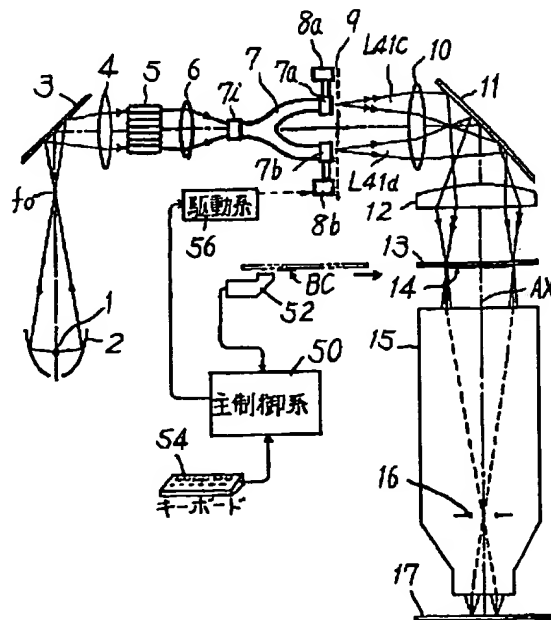
(54) 【発明の名称】 投影型露光装置

(57) 【要約】

【目的】 回路パターン等の投影露光時の解像力と焦点深度とを向上させる。

【構成】 光源1からの照明光束を、光ファイバー7によって分割し、光ファイバーの射出端7a、7bをレチクルパターン14のフーリエ変換相当面の光軸AXから偏心した位置に可動部材8a、8bによって配置する。そして射出部7a、7bから射出される光束はコンデンサーレンズ10、12を介してレチクル13に照射し、レチクルパターン14を投影光学系15によりウェハ(感光基板)17に結像投影する。

【効果】 高解像力化、大焦点深度化が達成されるとともに、射出部をレチクルパターンに合わせて移動可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの照明光を周期性のパターン部分を有するマスクに照射する照明光学系と、前記マスクのパターンの像を感光基板に結像投影する投影光学系とを備えた投影型露光装置において、前記照明光学系の光路中で、前記照明光を複数の光束に分割し、前記マスクパターンのフーリエ変換相当面もしくはその共役面位置近傍に、互いに分離した少なくとも2つの光量分布を作成する光束分割部材と；

前記少なくとも2つの光量分布の夫々の重心を、前記マスク上のパターン周期に応じて決まる量だけ、前記照明光学系、もしくは前記投影光学系の光軸に対して偏心した離散的な位置に設定する位置調整部材とを備えたことを特徴とする投影型露光装置。

【請求項2】 前記光量分布は2m（ただし $m \geq 1$ ）個で形成されるとともに、前記位置調整部材は該2m個の光量分布のうちm個の光量分布各重心を、前記マスクのパターンから発生する0次回折光成分と、該0次回折光成分に対して前記パターンの微細度に応じた角度で広がる ± 1 次回折光成分のうちの少なくとも一方とが、前記投影光学系の瞳面で前記光軸からほぼ等距離に分布するように、前記フーリエ変換面、あるいはその共役面内で偏心した位置に設定し、残りのm個の光量分布各重心は先のm個の光量分布の重心と前記光軸を挟んでほぼ対称に配置することを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項3】 前記位置調整部材は、前記光束分割部材からの照明光の照射によって前記マスクから発生する回折光に着目したとき、前記投影光学系の瞳面上に分布する0次回折光成分と、前記マスクのパターンの2次元的な周期構造に依存して前記0次回折光成分を中心に前記瞳面上で第1方向に分布する1次以上の高次回折光成分の1つと、前記瞳面上で前記0次回折光成分を中心に前記第1方向と交差する第2方向に分布する1次以上の高次回折光成分の1つとの3つの回折光成分が、前記瞳面上で前記光軸からほぼ等距離に分布するように、前記任意の1つの光量分布の重心を前記光軸から偏心させて配置したことを特徴とする請求項1に記載の装置

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体等の回路パターン又は液晶表示素子のパターン等の転写に使用される投影型露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体等の回路パターン形成には、一般にフォトリソグラフ技術と呼ばれる工程が必要である。レチクル（マスク）上のパターンをウェハ等の試料基板上に転写する方法が採用されている。試料基板上には感光性のフォトレジストが塗布されており、照射影像、即ちレチクルパターンの透過部形状に応じて、フォトレジストに回路パターンが転写される。そして、投影型露光

装置では、レチクル上に描画された転写すべき回路パターンが、投影光学系を介して試料基板（ウェハ）上に投影、結像される。

【0003】 図5は、上述の従来の投影光学系を示し、照明光束L50は、レチクルパターン14のフーリエ変換相当面もしくはその共役面に設けられたほぼ円形の開口絞り9aにより照明光学系もしくは投影光学系15の光軸AXを中心とする円形領域内を通る光束L51となってコンデンサーレンズ12を介してレチクルパターン14を照射する。こうしてレチクル13のレチクルパターン14を通過した照明光は、投影光学系15を介してウェハ17のレジスト層に結像される。ここで、光束を表す実線は1点から出た光の主光線を表している。

【0004】 このとき照明光学系の開口数と投影光学系15のレチクル側開口数の比、所謂 σ 値は開口絞り（例えば開口絞り9aの開口径）により決定され、その値は0.3～0.6程度が一般的である。照明光L51はレチクル13にパターンニングされたレチクルパターン14により回折され、レチクルパターン14からは0次回折光 D_0 、+1次回折光 D_+ 、-1次回折光 D_- が発生する。夫々の回折光（ D_0 、 D_+ 、 D_- ）は投影光学系15により集光されウェハ（試料基板）17上に干渉縞を発生させる。この干渉縞がレチクルパターン14の像である。

【0005】 このとき0次回折光 D_0 と ± 1 次回折光 D_+ 、 D_- のなす角 θ （レチクル側）は $\sin \theta = \lambda / P$ （ λ ：露光波長、 P ：パターンピッチ）により決まる。パターンピッチが微細化すると $\sin \theta$ が大きくなり、 $\sin \theta$ が投影光学系15のレチクル側開口数（ NA_r ）より大きくなると ± 1 次回折光 D_+ 、 D_- は投影光学系15の瞳面16を透過できなくなる。

【0006】 このときウェハ17上には0次回折光 D_0 のみしか到達せず干渉縞は生じない。つまり $\sin \theta > NA_r$ となる場合にはパターン14の像は得られず、パターン14をウェハ17上に転写することができなくなってしまう。以上のことから、今までの露光装置においては、 $\sin \theta = \lambda / P \approx NA_r$ となるピッチPは次式で与えられていた。

$$P \approx \lambda / NA_r \quad (1)$$

最小パターンサイズはピッチPの半分であるから、最小パターンサイズは、 $0.5 \times \lambda / NA_r$ 程度となるが、実際のフォトリソグラフィーにおいてはウェハの湾曲、プロセスによるウェハの段差等の影響、又はフォトレジスト自体の厚さのために、ある程度の焦点深度が必要となる。このため、実用的な最小解像パターンサイズは、 $k \times \lambda / NA$ として表される。ここでkはプロセス定数と呼ばれ0.6～0.8程度となる。レチクル側開口数 NA_r とウェハ側開口数 NA_t との比は、投影光学系の結像倍率と同じであるので、結像倍率を $1/5$ とした時のレチクル上における最小解像パターンサイズは $k \times \lambda$

λ/NA_1 、ウェハ上における最小解像パターンサイズは $k \times \lambda/NA_1 = k \times \lambda/5NA_1$ となる。

【0007】従って、より微細なパターンを転写するためには、より短い波長の露光光源を使用するか、或いはより開口数の大きな投影光学系を使用するかを選択する必要があった。もちろん、波長と開口数の両方を最適化する努力も考えられる。また、レチクルの回路パターンの透過部分のうち、特定の部分からの透過光の位相を他の透過部分からの透過光の位相より π だけずらす、所謂位相シフトレチクルが特公昭62-50811号公報等

で提案されている。この位相シフトレチクルを使用すると従来よりも、より微細なパターンの転写が可能となる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の露光装置においては、照明光源を現在より短波長化することは、透過光学部材として使用可能な適当な光学材料が存在しない等の理由により困難であった。短波長の光の透過率が高い石英をレチクルブランクとして使用したとしても、波長200nm以下では、透過率が低下して

くる。【0009】また投影光学系の開口数は、現状でも既に理論的限界に近く、これ以上の大開口化はほぼ望めない状態であった。また、もし現状以上の大開口化が可能であるとしても、 $\pm \lambda/2NA^2$ で表される焦点深度は開口数の増加に伴って急激に減少し、実使用に必要な焦点深度がますます少なくなるという問題が顕著になってくる。

【0010】一方、位相シフトレチクルについては、その製造工程が複雑であり、従ってコストも高く、また検査及び修正方法も未だ確立されていないなど多くの問題が残されており、昨今の早急な微細化要求に確実に対応できるか不安視されている。本発明は上記問題点に鑑みてなされたもので、通常のレチクルを使用して高解像度、且つ大焦点深度が得られる投影型露光装置の実現を目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】従来の投影露光装置では、レチクルに対する入射光の入射角及び方向の範囲は、垂直（光軸方向）を中心とする円形方向内に限定されていた。これに対して、本発明の投影型露光装置では、第4図に示す如く、照明光は光束分割部材7へ入射部71から入射し、複数の光束に分割され、射出部7a、7bより射出される（L40a、L40b）。このとき、射出部7a、7bはそれぞれレチクルパターン14のフーリエ変換面（瞳面）9近傍に配置されており、フーリエ変換面内において射出部7a、7bの位置を照明光学系もしくは投影光学系の光軸AXと垂直な方向に移動させることにより、フーリエ変換面内での光量分布をほぼ任意に制御可能である。また、フーリエ変換面における面

内方向での光軸AXを中心とした各光量分布の夫々の重心位置は、レチクル13に入射する光束の入射角度や方向を決定するので、本発明における投影型露光装置においては、レチクル13に入射する照明光束の入射角度 ψ 、入射方向をほぼ任意に制御することが可能である。

【0012】

【作 用】レチクル（マスク）上に描画された回路パターン14は、一般に周期的なパターンを多く含んでいる。従って、射出部7a、7bから射出され、コンデンサーレンズ12を介した照明光L41a、L41bが照射されたレチクルパターン14からは、0次回折光成分D₀及び±1次回折光成分D_{±1}、D_{±2}、及びさらに高次の回折光成分がパターンの微細度に応じた方向に発生する。ここでも、光束を表す実線は1点からでた光の主光線を表している。まず照明光束L41bによる回折光について説明する。

【0013】図4のごとく照明光束L41b（主光線）が光軸AXに対して角度 ψ だけ傾いた角度でレチクルに入射するから、発生した各次数の回折光成分も垂直に照明された場合に比べ、傾き（角度ずれ）をもってレチクルパターン14より発生する。照明光L41bはレチクルパターン14により回折され光軸AXに対して ψ だけ傾いた方向に進む0次回折光成分D₀、0次回折光成分D₀に対して θ_r だけ傾いた方向に進む+1次回折光成分D_{±1}、及び0次回折光成分D₀に対して θ だけ傾いて進む-1次回折光成分D_{±1}を発生する。ここで、照明光L41bは両側テレセントリックな投影光学系15の光軸AXに対して角度 ψ だけ傾いてレチクルパターン14に入射するので、0次回折光成分D₀もまた投影光学系の光軸AXに対して角度 ψ だけ傾いた方向に進行する。

【0014】従って、+1次回折光成分D_{±1}は光軸AXに対して $\theta_r + \psi$ の方向に進行し、-1次回折光成分D_{±1}は光軸AXに対して $\theta - \psi$ の方向に進行する。このとき回折角 θ_r 、 θ は夫々、

$$\sin(\theta_r + \psi) - \sin \psi = \lambda/P \quad (2)$$

$$\sin(\theta - \psi) + \sin \psi = \lambda/P \quad (3)$$

である。

【0015】ここでは、+1次回折光成分D_{±1}、-1次回折光成分D_{±1}の両方が投影光学系15の瞳面16を通過しているものとする。レチクルパターン14の微細化に伴って回折角が増大するとまず、角度 $\theta_r + \psi$ の方向に進行する+1次回折光成分D_{±1}が投影光学系15の瞳面16を透過できなくなる。すなわち $\sin(\theta_r + \psi) > NA_2$ の関係になってくる。しかし照明光L41bが光軸AXに対して傾いて入射しているため、このときの回折角でも-1次回折光D_{±1}は、投影光学系15を通過可能となる。すなわち $\sin(\theta - \psi) < NA_2$ の関係になる。

【0016】従って、ウェハ17上には0次回折光成分

5

D_0 と -1 次回折光成分 D の2光束による干渉縞が生じる。この干渉縞はレチクルパターン17の像であり、レチクルパターン14が1:1のラインアンドスペースのとき、約90%のコントラストとなって、ウェハ17上に塗布されたレジストにレチクルパターン14の像をパターンニングすることが可能となる。

【0017】このときの解像限界は、

$$\sin(\theta - \psi) = NA_R \quad (4)$$

$$\text{となるときであり、従って、} NA_R + \sin \psi = \lambda / P$$

$$P = \lambda / (NA_R + \sin \psi) \quad (5)$$

が転写可能な最小パターンのレチクル側でのピッチである。

【0018】一例として今 $\sin \psi$ を $0.5 \times NA_R$ 程度に定めるとすれば、転写可能なレチクル上の最小ピッチは、

$$P = \lambda / (NA_R + 0.5 \times NA_R)$$

$$= 2\lambda / 3 NA_R \quad (6)$$

となる。

【0019】一方、図5に示す照明光の瞳面16上での光量分布が投影光学系16の光軸AXを中心とする円形領域内である従来の露光装置の場合、解像限界は(1)式に示したように $P \approx \lambda / NA_R$ であった。従って、従来の露光装置より高い解像度が実現できることがわかる。次に、レチクルパターン14に対して特定の入射方向と入射角で露光光を照射して、0次回折光成分と1次回折光成分とを用いてウェハ上に結像パターン形成方法によって、焦点深度も大きくなる理由について説明する。

【0020】図4のようにウェハ17が投影光学系15の焦点位置に一致している場合には、レチクルパターン14中の1点を出てウェハ上の1点に達する各回折光は、投影光学系15のどの部分を通るものであっても全て等しい光路長を有する。このため従来のように0次回折光成分が投影光学系15の瞳面16のほぼ中心(光軸近傍)を貫通する場合でも、0次回折光成分とその他の回折光成分とで光路長は相等しく、相互の波面収差も零である。しかし、ウェハ17が投影光学系15の焦点位置に一致していないデフォーカス状態の場合、斜めに入射する高次の回折光の光路長は光軸近傍を通る0次回折光に対して焦点前方(投影光学系15から遠ざかる方)では短く、焦点後方(投影光学系15に近づく方)では長くなり、その差は入射角の差に応じたものとなる。従って、0次、1次、…の各回折光は相互に波面収差を形成して焦点位置の前後におけるボケを生じることとなる。

【0021】前述のデフォーカスによる波面収差は、ウェハ17の焦点位置からのずれ量を ΔF 、各回折光がウェハ17に入射するときの入射角 θ の正弦を r ($r = \sin \theta$) とすると、 $\Delta F r^2 / 2$ で与えられる量である(このとき r は各回折光の瞳面16での光軸AXか

6

らの距離を表す。)。従来の図5に示した投影型露光装置では、0次回折光成分 D_0 は光軸AXの近傍を通るので、 $r(0\text{次}) = 0$ となり、一方、 ± 1 次回折光成分 $D_{\pm 1}$ は、 $r(1\text{次}) = M\lambda / P$ となる(M は投影光学系の倍率)。従って、0次回折光成分 D_0 と ± 1 次回折光成分 $D_{\pm 1}$ のデフォーカスによる波面収差は、 $\Delta F \cdot M^2 (\lambda / P)^2 / 2$ となる。

【0022】一方、本発明における投影型露光装置では、図4に示すように0次回折光成分 D_0 は、光軸AXから角度 ψ だけ傾いた方向に発生するから、瞳面19における0次回折光成分 D_0 の光軸AXからの距離は、 $r(0\text{次}) = M \sin \psi$ である。一方、 -1 次回折光成分 D の瞳面16における光軸AXからの距離は、 $r(-1\text{次}) = M \sin(\theta - \psi)$ となる。このとき、 $\sin \psi = \sin(\theta - \psi)$ となれば、0次回折光成分 D_0 と -1 次回折光成分 D のデフォーカスによる相対的な波面収差は零となり、ウェハ17が焦点位置より光軸方向に若干ずれてもパターン14の像ボケは従来程大きく生じないことになる。即ち、焦点深度が増大することになる。

【0023】また、(3)式のように $\sin(\theta - \psi) + \sin \psi = \lambda / P$ であるから、照明光束L41bのレチクル13への入射角 ψ をピッチ P のパターンに対して、 $\sin \psi = \lambda / 2P$ の関係にすれば、焦点深度を極めて増大させることが可能である。照明光L41aについても同様に考えて、 $+1$ 次光 D_{+1} は光軸AXに対して $\theta_{+1} - \psi$ の方向に進行し、 -1 次回折光 D_{-1} は光軸AXに対して $\theta_{-1} + \psi$ の方向に進行する。 D_{01} は0次回折光を表している。

【0024】このとき θ_{+1} 、 θ_{-1} はそれぞれ

$$\sin(\theta_{+1} + \psi) - \sin \psi = \lambda / P \quad (7)$$

$$\sin(\theta_{-1} - \psi) + \sin \psi = \lambda / P \quad (8)$$

であり、解像限界は $\sin(\theta_{+1} - \psi) = NA_R$ のときである。従って、照明光L41bの場合と同様に(5)式に示すパターンピッチが転写可能なパターンの最小ピッチとなる。照明光L41aとL41bを同じ入射角で光軸に対して対称にレチクル13に入射させることにより投影光学系の光軸に対して光量重心が偏らないようにすることが可能である。このため、ウェハ17のデフォーカスに伴う位置ずれ(いわゆるテレセンズれ)を防止することができる。

【0025】以上本発明によれば、解像度向上の効果は位相シフトレチクルに匹敵するものがありながら、従来のレチクルがそのまま使用でき、従来のレチクル検査技術もそのまま踏襲することができる。更に位相シフトレチクルを使用すると、焦点深度が増大する効果が得られるが、本発明においても、デフォーカスによる波面収差の影響を受けにくく、従って深い焦点深度が得られる。

【0026】

【実施例】本発明の第1の実施例について図面を参照に

して説明する。図1は本発明の実施例に好適な投影型露光装置(ステッパ)の全体構成の概略を示す平面図である。水銀ランプ等の輝線ランプよりなる光源1より射出された照明光は、楕円鏡2の第2焦点 f_0 に集光した後、ミラー3により反射され、リレーレンズ系4を透過して、フライアイレンズ5に入射する。

【0027】フライアイレンズ5を射出した照明光は、リレーレンズ6により光束分割部材7の入射部71に所定の開口数(NA)に調整されて入射する。入射部71より光束分割部材7に入射した照明光束は複数の光束に分割され、レチクルパターン14のフーリエ変換相当面(照明光学系の瞳面)9近傍に光軸AXから偏心した位置に配置された複数の射出部7a、7bより射出される。射出部7a、7bより射出された照明光L41c、L41dは、コンデンサーレンズ10、12、ミラー11を介してレチクル13を照明する。ここで、フーリエ変換相当面9近傍には、射出部7a、7bから射出される光束(2次光源像からの光束)のみが形成され、レチクルパターン14を照明する照明光は特定の入射角(複

数)を持つものに制限される。また、光束分割部材7としては、光ファイバー束等の光導波部材等を使用するものとする。また、射出部7a、7bの射出面、拡散板等の光散乱部材や、開口を制限する開口絞りを設けても良い。

【0028】こうして照明されたレチクル13上のレチクルパターン14を透過回折した回折光は、投影光学系15により集光結像され、ウェハ17上に、レチクルパターン14の像を形成する。レチクル13、及びレチクルパターン14に入射する照明光L41c、L41dの入射角は、光軸に垂直な面内での射出部7a、7bの光軸AXからの位置により決定される。このため、上記面内での射出部7a、7bの位置を調整するための可動部材8a、8bにより、射出部7a、7bはそれぞれ独立に移動可能である。ところで、図1には装置を統括制御する主制御系50と、レチクル13が投影光学系15の直上に搬送される途中でレチクルパターン14の脇に形成された名称を表すバーコードBCを読み取るバーコードリーダ52と、オペレータからのコマンドやデータを入力するキーボード54と、ファイバーの射出端7a、7bを動かす可動部材8a、8bの駆動系(モータ、ギヤトレン等)56が設けられている。主制御系50内には、このステッパで扱うべき複数枚のレチクルの名称と、各名称に対応したステッパの動作パラメータとが予め登録されている。そして、主制御系50はバーコードリーダ52がレチクルバーコードBCを読み取ると、その名称に対応した動作パラメータの1つとして、予め登録されているファイバーの射出端7a、7bの移動位置(瞳共役面内の位置)の情報を、駆動系56に出力する。これによって各ファイバーの射出端7a、7bは図4で説明したように位置調整される。以上の動

作は、キーボード54からオペレータがコマンドとデータを主制御系50へ直接入力することによっても実行できる。

【0029】次にファイバー射出端を可動する可動部の実施例を図2及び図3を用いて説明する。図2は図1同様光軸に垂直な方向から見た断面図であり、図3は光軸方向から見た平面図を表わす。ここでは、瞳面上に任意の光量分布を作成する手段として4個のファイバー射出端7a、7b、7c、7dを使用するものとし、夫々のファイバー射出端を光軸AXから偏心した離散的な位置であり、かつ、光軸AXからほぼ等距離に配置する。さて、図2、図3において、ファイバー射出端7a、7b、7c、7dは支持棒81a、81b、81c、81dを介して可動部材8a、8b、8c、8dに含まれるモータ及びギヤ等の駆動素子により光軸に垂直な方向に伸縮可能となっている。また、可動部材8a、8b、8c、8d自体も固定ガイド8eに沿って光軸を中心とした円周方向に可動であり、従って個々のファイバー射出端7a、7b、7c、7dは光軸AXと垂直な面内方向に、それぞれ独立に可動となっている。

【0030】つまり、任意の位置(ただし互いに重ならない位置)に、独立に移動することが可能である。図2、及び図3に示したファイバー射出端7a、7b、7c、7dの各位置(光軸AXと垂直な面内での位置)は、転写すべきレチクルパターンに応じて決定(変更)されるのが良い。この場合の位置決定方法は作用の項で述べたとおり、各ファイバー射出端7a、7b、7c、7dからの照明光束が転写すべきパターンの微細度(ピッチ)に対して最適な解像度、及び焦点深度の向上の効果を得られるようにレチクルパターンに入射する位置(入射角 θ)とすればよい。

【0031】次に射出部の位置決定の具体例を、図6、図7、図8(A)、(B)、図9、図10(A)、(B)を用いて説明する。図6は射出部7a、7bの射出面からレチクルパターン14までの部分を模式的に表わす図であり、射出面がレチクルパターン14のフーリエ変換面9と一致している。またこのとき両者をフーリエ変換の関係とならしめるレンズ、またはレンズ群を、一枚のレンズ12として表わしてある。さらに、レンズ12の射出面側主点から射出面までの距離と、レンズ12のレチクル側主点からレチクルパターン14までの距離は共に f であるとする。図7、図9はともに、レチクルパターン14中に形成される一部分のパターンの例を示す図であり、図8(A)、(B)、図10(A)、(B)は、レチクルパターン14に対するフーリエ変換面9を光軸AX方向から見た図であり、破線円9aは前述と同様に、投影光学系15の瞳16の大きさに相当する。

【0032】次にレチクルパターン14に対する射出部の配置(射出面近傍に形成される2次光源像の中心の配

図)について説明する。図7は、所謂1次元ラインアンドスペースパターンであって、透過部と遮光部が等しい幅でY方向に並び、それらがX方向にピッチPで規則的に並んでいるパターン14aを示している。図8(A)、(B)の面9a内の座標系X、Yは図7と同一にしてある。このときのレチクルパターン14aに対する射出部7aの中心位置(射出部7a近傍に形成される2次光源像の作る光量分布の重心位置)は、図8(A)に示したフーリエ変換面9a内に仮定したY方向の線分La上又は線分Lb上の任意の位置に設定される。線分La、Lbと光軸AXからのX方向(ピッチ方向)の距離 α は、レチクルパターン14aのピッチP等により決定され、ピッチや線幅が細かれば、距離 α を大きくとり、ピッチや線幅が大きければ、距離 α を小さくすると良い。距離 α は、 λ を露光波長としたとき、 $\alpha = f \cdot (1/2) \cdot (\lambda/P)$ に等しい。この距離 α を $f \cdot \sin \psi$ と表わせれば、 $\sin \psi = \lambda/2P$ であり、これは作用の項で述べた数値と一致している。

【0033】射出部7bについても同様であり、X方向の線分La上、又は線分Lb上の任意の位置に設定される。また、照明光量の重心を光軸と一致させる為、射出部7a、7bを光軸AXを挟んで対称に配置するのが望ましい。図8(A)は、光軸AXを含むX方向の線分Lcと線分La、Lbとの交点上に射出部7a、7bを配置した例を示している。図8(B)は、線分La、Lb上に配置される射出部(7a、7c)、(7b、7d)の夫々の中心(射出面近傍に形成される夫々の2次光源像の作る光量分布の夫々の重心)を光軸AXを含むX方向の線分Lcとの交点上以外に設けた例を示している。射出部(7aと7c)、射出部(7bと7d)の中心と光軸AXからのピッチ方向の距離 α は前述と同様の条件で定められる。この場合も、照明光量の重心を光軸と一致させる為、射出部(7a、7c)、(7b、7d)の夫々の中心を光軸AXを挟んで対称に配置するのが望ましい。

【0034】Y軸方向にピッチ方向を持つパターン14についても同様にして、射出部7a、7bの配置は図8(A)、(B)の関係を90°回転した位置関係で定められる。次に図9は、レチクルパターン14がいわゆる孤立スペースパターン14bである場合であり、かつ、パターンのX方向(横方向)ピッチがPx、Y方向(縦方向)ピッチがPyとなっている。図10(A)、(B)は射出部の位置関係を表す図であり、図9との位置、回転関係は図8(A)、(B)の関係と同じである。また線分Ld、LeとのY方向の距離を β としている。図10(A)は、光軸AXを含むX方向の線分Lcと線分La、Lbとの交点上に射出部7b、7dの夫々の中心を配置し、光軸AXを含むY方向の線分Ldと線分Le、Lfとの交点上に射出部7a、7cの夫々の中心を配置した例を示している。X方向の線分(La、L

b)上、Y方向の線分(Le、Lf)上での射出部の配置は図8(A)の場合と同様に定めら、距離 α はX方向のピッチPxにより定まり、距離 β はY方向のピッチPyにより定まる。尚、各射出部は線分Lc、Ld上に配置されなくともよい。また距離 α と距離 β は必ずしも一致する必要はない。ただしこのとき、同図中に示した距離 α 、 β は $\alpha = f \cdot \lambda/2Px$ 、 $\beta = f \cdot \lambda/2Py$ の関係を満たしている。

【0035】ここで、図9に示すようなパターンに対する複数の射出部の中心の最適位置は、図10(B)に示すようにフーリエ変換面9a中の点L α 、L β 、L γ 、L ϵ の4点である。また、2次元に方向性を持つパターンは、図9に示したパターン14bのみでなく、1方向のラインアンドスペースと、それに交差する方向のラインアンドスペースを別々に含むレチクルパターンであってもよい。

【0036】また、図10(B)に示された射出部7a、7b、7c、7dの配置は、図6に示す様な1次元の方向性を持つパターンに対して行なわれてもよい。以上、図8、図10に示した各位置に配置した射出部に対応する照明光束がレチクルパターン14に入射すると、0次回折光成分D₀と、+1次回折光成分D₊または-1次回折光成分D₋のいずれか一方とが、投影光学系15内の瞳面16では光軸AXから等距離となる光路を通る。従って作用の項で述べたとおり、高解像及び大焦点深度の投影型露光装置が実現できる。以上、レチクルパターン14として図7、図9に示した2例のみを考えたが、他のパターンであってもその周期性(微細度)に着目し、そのパターンからの+1次回折光成分または-1次回折光成分のいずれか一方と0次回折光成分との2光束が、投影光学系内の瞳面16では光軸AXからほぼ等距離になる光路を通る様な位置に射出部を設定すればよい。また図7、図9のパターン例は、ライン部とスペース部の比(デューティ比)が1:1のパターンであった為、発生する回折光中では±1次回折光が強くなる。このため、±1次回折光のうち的一方と0次回折光との位置関係に着目したが、パターンがデューティ比1:1から異なる場合等では他の回折光、例えば±2次回折光のうち的一方と0次回折光との位置関係が、投影光学系瞳面16において光軸AXからほぼ等距離となるようにしてもよい。

【0037】また、レチクルパターン14が2次元の周期性パターンを含む場合、図10(B)に示すように、特定の1つの0次回折光成分に着目したとき、投影光学系の瞳面16上ではその1つの0次回折光成分を中心としてX方向(第1方向)に分布する1次以上の高次回折光成分と、Y方向(第2方向)に分布する1次以上の高次回折光成分とが存在し得る。そこで、特定の1つの0次回折光成分に対して2次元のパターンの結像を良好に行うものとする、第1方向に分布する高次回折光成分

の1つと、第2方向に分布する高次回折光成分の1つと、特定の0次回折光成分との3つが、瞳面16上で光軸AXからほぼ等距離に分布するように、特定の0次回折光成分の位置を調節すればよい。図10(B)に示すような4つの射出部は各々この関係を満たしており、また4つの光束による照明光がレチクルパターン14に入射することにより発生する+1次または-1次のどちらか一方の1次回折光と0次回折光の組み合わせは全てウェハ17に達するのでコントラストがほぼ90%の像が形成される。

【0038】レチクル上のパターンが複数の方向性又は微細度を有している場合、射出部(2次光源像)の最適位置は、上述の様にパターンの各方向性及び微細度に対応したものとなるが、或いは各最適位置の平均位置に射出部を配置してもよい。また、この平均位置は、パターンの微細度や重要度に応じた重みを加味した荷重平均としてもよい。

【0039】複数の射出部は、4個に限るものではなく、レチクルパターン14に応じて任意に定められ、たとえば3個でも構わない。また、1つの射出部により形成される1つの2次光源像の中心を光軸AXからレチクルパターン14に応じた量だけ偏心した位置に設け、2次光源像を時間によって変更するようにしてもよい。また、各射出部を射出した光束は、それぞれレチクルに対して傾いて入射する。このときこれらの傾いた入射光束(複数)の光量重心の方向がレチクルに対して垂直でないと、ウェハ17の微小デフォーカス時に、転写像の位置がウェハ面内方向にシフトするという問題が発生する。これを防止する為に、各射出部からの照明光束(複数)の光量重心の方向は、レチクルパターンと垂直、すなわち光軸AXと平行である様にする。

【0040】つまり、各射出部の射出面近傍に形成される2次光源像の作る光量分布の各重心の投影光学系15の光軸AXからフーリエ変換面内での位置ベクトルと、各射出部から射出される光量との積のベクトル和が零になる様にすればよい。また、より簡単な方法としては、射出部を2m個(mは自然数)とし、そのうちのm個の位置を前述の条件(図4)により決定し、残るm個は前記m個と光軸AXについて対称となる位置に配置すればよい。

【0041】また必要によっては射出部のうち、特定のもののからの照明光がレチクル13に照射されないようにしてもよい。例えば図3中の破線円9aを投影光学系15の瞳16の大きさに相当する円とすると、この破線円9aの外側となる部分に、照明系の瞳面9(図1)で遮光部材を設け、不必要な射出部を、この遮光部へ(図3の破線円9aの外側へ)退避させるようにすれば、所望の個数の射出部を得ることが可能となる。

【0042】また、各射出部の開口部の径は、いわゆる σ 値(照明光学系の開口数と投影光学系の開口数の比)

が、1光束あたり0.1~0.3程度となるようにすると良い。 σ 値が0.1以下であると像の忠実度が低下し、0.3以上であると焦点深度の増大効果が少なくなる。次に本発明の第2の実施例について図12を参照にして説明する。図12は光束分割手段としてビームスプリッターを用いた例を示すものである。第1図のフライアイレンズ5より光源側及びフーリエ変換面9よりウェハ側は本実施例においても同様であるものとする。図12に示すようにリレーレンズ系6aで平行光束となった照明光は、照明光学系中に設けられたビームスプリッター201でLA1、LA2の2光束に分割される。光束LA1、LA2はレンズ系202、203とプレーンパラレル204、205を介してレチクルパターン14のフーリエ変換面9上にある大きさ(太さ)を持ったスポット光として分布する。レンズ系202、203適切に選択してやることによりフーリエ変換面9上の照明光量分布の大きさを任意に設定することが可能となる。又、プレーンパラレル204、205は駆動系206、207により微動(傾き)可能となっており、フーリエ変換面9上に分布するスポット光の分布位置を微調整可能とすることが可能となる。これは、レチクルパターンに入射する光束の角度をこのレチクルパターンに合わせて微調整可能であることを意味する。駆動系206、207はモータ及びギア等、又はピエゾ素子等により構成されるものとする。本実施例では光束分割の数は2つとしたがこれに限るものではなく、レチクルパターンに合わせて設ければ良い。又この駆動系206、207の制御は主制御系50により行われるものとする。

【0043】以上いずれの実施例においてもレチクルのパターンのフーリエ変換面近傍に光量分布を作成するものであり、光束分割手段(光ファイバー、ビームスプリッター)の入射部側の配置位置(共役関係)は任意の位置でかまわない。以上の実施例に於て、光源は水銀ランプ1を用いて説明したが、他の輝線ランプやレーザー(エキシマ等)、あるいは連続スペクトルの光源であっても良い。また照明光学系中の光学部材の大部分をレンズとしたが、ミラー(凹面鏡、凸面鏡)であっても良い。投影光学系としては屈折系であっても、反射系であっても、あるいは反射屈折系であってもよい。また実施例として両側テレセントリック系を使用した片側テレセントリック系でも、非テレセントリック系でもよい。また各光学系の色収差補正が十分でないときは、照明系光路中にバンドパスフィルターやダイクロイックミラー等を入れて、単色光のみを利用するようにすれば良い。

【0044】

【発明の効果】以上、本発明によれば、通常のレチクルを使用しながら、従来よりも高解像度、大焦点深度の投影型露光装置を実現することが可能となる。しかも本発明によれば、別のパターンが形成されているレチクルに交換された場合でも、駆動系を有しているためレチクル

13

パターンのフーリエ変換面での光量分布をレチクルのパターンの微細度に応じた任意の位置に配置することが可能となり、スループットを低下させることがない。

【0045】また、従来のレチクル検査技術を、そのまま踏襲することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による投影型露光装置の構成を示す図である。

【図2】本発明の第1の実施例による光束分割部材と可動部を光軸方向から見た図である。

【図3】本発明の第1の実施例による光束分割部材と可動部を光軸方向と垂直な方向から見た図である。

【図4】本発明の原理を説明する図である。

【図5】従来の投影型露光装置の構成を示す図である。

【図6】射出部から投影光学系までの光路模式的に表した図である。

【図7】一次元のレチクルパターンを示す図である。

【図8】(A)、(B)は図6のパターンに対応した瞳共役面におけるファイバー射出部の配置を説明する図である。

14

【図9】二次元のレチクルパターンを示す図である。

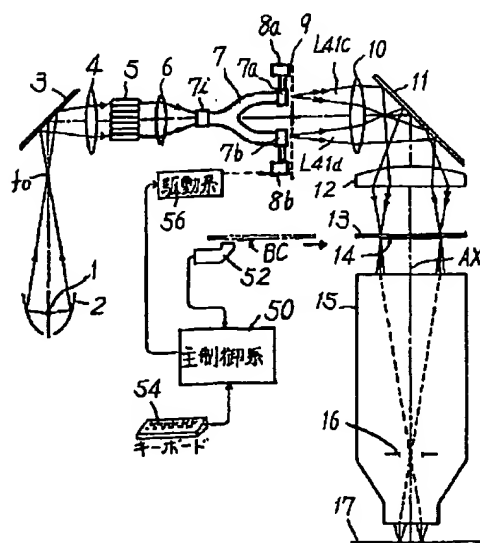
【図10】(A)、(B)は図9のパターンに対応した瞳共役面におけるファイバー射出部の配置を説明する図である。

【図11】本発明の第2の実施例による光束分割部材と駆動部系を光軸方向から見た図である。

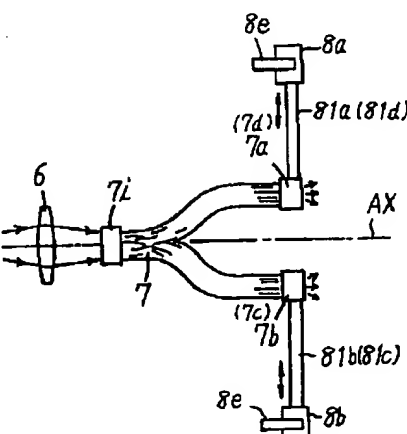
【符号の説明】

- 6 レンズ系
- 7 光ファイバー（光束分割部材）
- 10 7a, 7b, 7c, 7d 光ファイバー射出部
- 8a, 8b, 8c, 8d, 8e 可動部材
- 9 レチクルパターンのフーリエ変換相当面
- 12 レチクル
- 13 レチクルパターン
- 15 投影光学系
- 16 瞳
- 17 ウェハ
- 201 ビームスプッター
- 204, 205 プレーンパラレル
- 20 206, 207 駆動部系

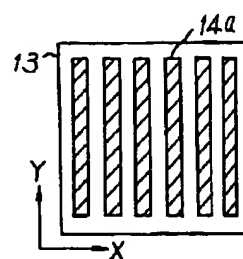
【図1】



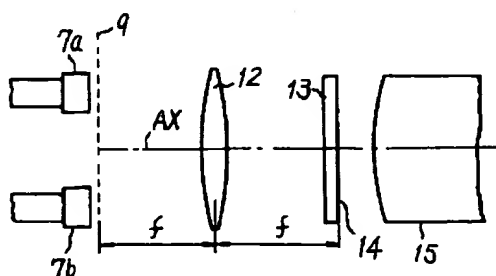
【図2】



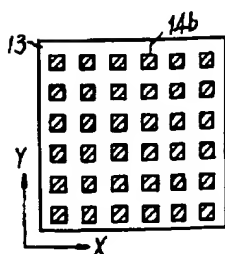
【図7】



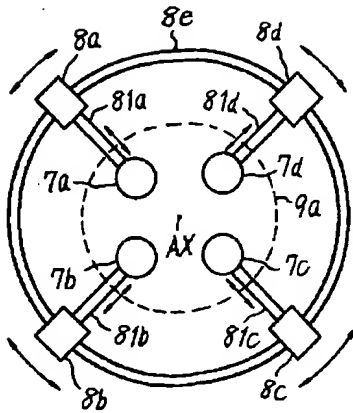
【図6】



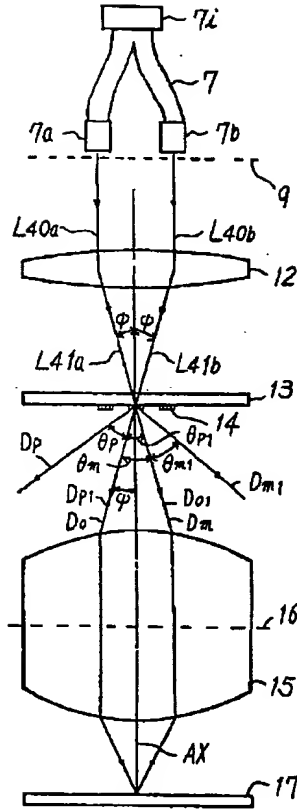
【図9】



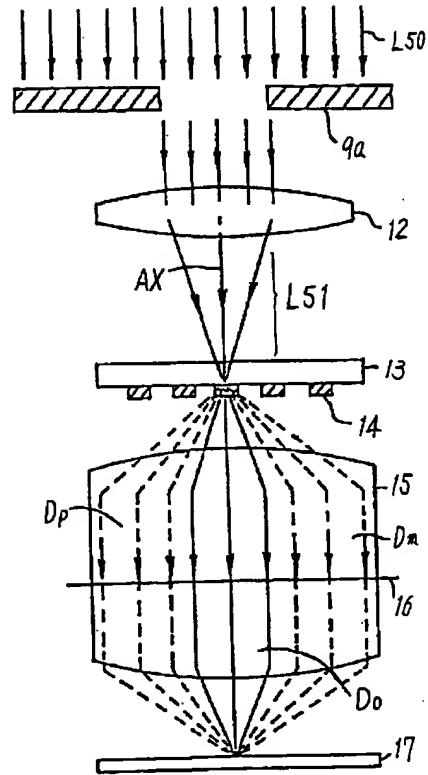
【図3】



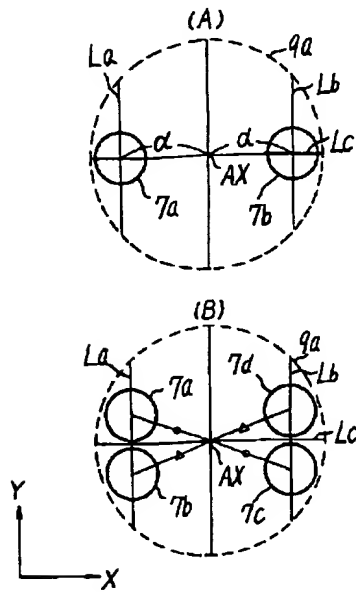
【図4】



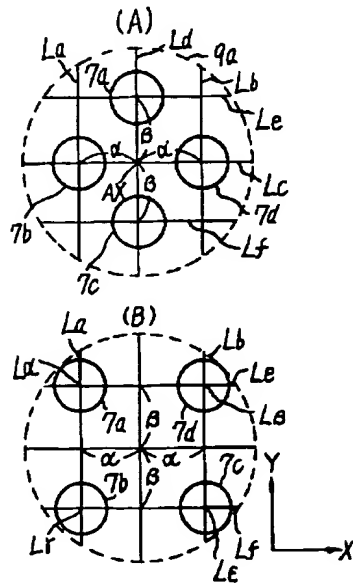
【図5】



【図8】



【図10】



【図11】

